

# **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗНАШИВАНИЯ СТАЛИ ГАДФИЛЬДА С РАЗЛИЧНОЙ МОДИФИКАЦИЕЙ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ**

***Полтаранин М.А.***

*Панин С.В. зав.лаб. пкм, д.т.н.*

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск

e-mail: panzerturm@mail.ru

В оценке износостойкости сталей при ограниченности методических средств, которые зачастую не позволяют определить необходимые характеристики из-за многофакторности процесса трения, сложно учесть одновременное влияние температуры и деформации на изменение структуры поверхностного слоя. Прежде всего, это обусловлено тем, что большинство сталей, предназначенных для работы в трибосистемах, имеют многофазную структуру, состоящую из составляющих фаз неоднородного строения и свойств – твердый и упругий мартенсит, вязкий аустенит и хрупкая карбидная фаза сложного химического состава и различной дисперсности. В связи с вышесказанным представляет интерес изучение процесса изнашивания на однофазных сталях, среди которых особое предпочтение отдается сталям с аустенитной структурой [1].

Сталь Гадфильда (0,9-1,4%С; 13%Mn; 0,8-1,0%Cr) обладает уникальными свойствами – высокой пластичностью, способностью к интенсивному деформационному упрочнению, а так же низкой скоростью изнашивания при трении скольжения. Микротвердость стали Гадфильда в процессе трения может возрасти в 3-4 раза и достигать значения 9000-11000 МПа [2]. Следует отметить, что, многие более твердые по сравнению с Г13 материалы уступают ей по износостойкости. Некоторые стали, обладая способностью к наклёпу, уступают стали Гадфильда по износостойкости при трении скольжения, сопровождающемуся ударными нагрузками и попаданием абразива в зону трения. Данные представленные в работах [2-4], показывают, что сталь Гадфильда даже в условиях экстремально больших пластических деформаций и высоких температур, имеющих место при трении и сдвиге, сохраняет аустенитную структуру. Следовательно, высокая износостойкость данной стали не связана с возникновением в её структуре мартенсита деформации или карбидных фаз. Приведённые выше данные об особенностях трения стали Г13, тем не менее, не раскрывают причин столь высоких триботехнических свойств, поэтому данная сталь является привлекательным объектом для исследования.

## **Методика проведения исследований**

Для исследования использовали образцы стали в исходном состоянии и после ультразвуковой ударной обработки (УУО). Ультразвуковая ударная обработка была выбрана как способ упрочнения поверхности на основании уже имеющихся данных по увеличению триботехнических характеристик на материалах ВТ0, ВТ6, ВНС5, 30ХГСН2А.

Ультразвуковая обработка образцов проводилась при частоте 26 кГц. Амплитуда колебаний составляла 15 мкм. Деформирующий инструмент диаметром 1 мм прижимался к поверхности обрабатываемой пластины со статической нагрузкой ~100 Н.

Испытания проводились по схеме «вал – колодка» в условиях граничной смазки на машине трения СМТ-1. Испытания на трение проводили при нагрузке на образец ~500Н и скорости вращения вала 150 об/мин. продолжительность нагружения составляла 60 минут. Интенсивность изнашивания оценивали, по изображениям дорожки трения, полученным с помощью оптического микроскопа «Carl Zeiss Stemi 2000–С», путем измерения ее площади.

### **Результаты экспериментальных исследований**

Микротвёрдость определяли на боковой грани образцов. Как показали исследования, микротвердость на поверхности образца, обработанного ультразвуком возрастает в 2.5 раза по сравнению с образцом в исходном состоянии и постепенно убывает в глубину. Глубина модифицированного слоя при этом составляет ~500-600 мкм.

В процессе трения для образцов в исходном состоянии и образцов после УУО различимы стадии, характеризующиеся разной скоростью изнашивания.

Сводные данные по характеру изнашивания приведены в таблицах 1 и 2. Как видно при времени нагружения 10-30 минут наибольшей износостойкостью обладают образцы после УУО. На отрезке времени 35-60 минут наибольшей износостойкостью обладают образцы в исходном состоянии.

Таблица 1 Сводные данные по износостойкости образцов после испытаний в установленном режиме, на временном отрезке 10-30 минут

Поверхность	Скорость изнашивания, мм <sup>2</sup> /мин	Износостойкость, мин/мм <sup>2</sup>	Толщина унесённого слоя, мкм
Исходная (1)	0.378	2.643	37.600
УУО(2)	0.248	4.025	26.799

Таблица 2 Сводные данные по износостойкости образцов после испытаний в установленном режиме, на временном отрезке 35-60 минут.

Поверхность	Скорость изнашивания, мм <sup>2</sup> /мин	Износостойкость, мин/мм <sup>2</sup>	Толщина унесённого слоя, мкм
Исходная	0.103	9.619	27.915
УУО	0.168	5.935	12.539

**Структурные исследования после триботехнических испытаний.** На боковой грани образцов в исходном состоянии при испытании формировалась область локализованной пластической деформации. В указанной области в приповерхностном слое хорошо различимы развороты зерен, а также формирование следов скольжения. На боковой грани образцов после УУО после испытаний на трение можно выделить несколько слоёв: слой, модифицированный в процессе ультразвуковой обработки и похожий на

«козырек» или «наплыв», под ним расположен слой исходного материала, в котором видны следы скольжения исходный недеформированный материал.

а	б	в	г
---	---	---	---

На рисунке 1 (в, г) видно, что на образцах подвергнутых УУО, различимы дорожки сильно деформированного материала длиной до 2 мм и шириной порядка 70-100 мкм. Но в отличие от образца в исходном состоянии, видно что такие дорожки на поверхности после УУО менее упорядочены. Размеры получившейся градиентной структуры соизмеримы со размерами структур, образующихся на поверхности трения образца в исходном состоянии.

Проведённые исследования показывают, что воздействие ударным ультразвуком приводит к повышению микротвердость поверхностного слоя, но не сопровождается повышением износостойкости. На кривых изнашивания образцов до и после ультразвуковой обработки, наблюдается две стадии, с изменяющейся скоростью изнашивания, причем на первой стадии более интенсивно изнашивается образец в исходном состоянии, а на второй образец с модифицированным УУО слоем. Проведён анализ различия износостойкостей, в свете различия топологии дорожек трения

1. Крагельский И.В. // Трение и износ. М.: Машиностроение, 1984.
2. Коршунов Л.Г. //ФММ. 1992. №8. С. 6-13.
3. Коршунов Л.Г., Черненко Н.Л. // Трение и износ. 1984. Т.5. №1. С. 106-112.
4. Сильман Г.И. // МиТОМ. 2006. № 1. С. 3-7.